



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11296500 A**(43) Date of publication of application: **29.10.99**

(51) Int. Cl

**G06F 17/00**  
**G06F 17/12**  
**// G01R 29/08**

(21) Application number: **10094157**(22) Date of filing: **07.04.98**(71) Applicant: **FUJITSU LTD**

(72) Inventor: **NAGASE KENJI**  
**OTSU SHINICHI**  
**MUKAI MAKOTO**  
**KISHIMOTO TAKESHI**  
**NISHINO KANJI**

(54) **DEVICE/METHOD FOR CALCULATING  
 RESISTANCE TO RADIATED  
 ELECTROMAGNETIC FIELD AND PROGRAM  
 RECORDING MEDIUM**

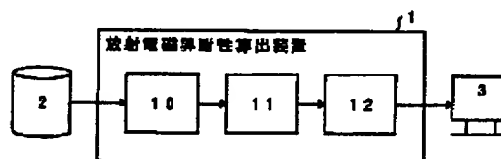
wave of the antenna with carrier frequency/upper side  
 band frequency/lower side band frequency as calculation  
 objects.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To simulate a current flowing in an electronic equipment by means of radiated radio waves of an antenna at high speed by calculating a current flowing in the electronic equipment by due to radiated radio waves of the antenna by solving the simultaneous equations of the moment method having mutual impedance.

**SOLUTION:** Structure information on the electronic unit of a simulation object is read from an electronic unit structure data file 2 and the electronic equipment and an antenna used for simulation are divided into elements. A first calculation means 10 sets a representative frequency on the carrier frequency/upper side band frequency/lower side band frequency of the radio waves which the antenna radiates and calculates the mutual impedance of elements in the representative frequency. A second calculation means 12 solves the simultaneous equations of the moment method having mutual impedance which the first calculation means 10 calculates and therefore current flowing in the electronic equipment is calculated by the radiated radio



(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 6 F 17/00

G 0 6 F 15/20

D

17/12

G 0 1 R 29/08

Z

// G 0 1 R 29/08

G 0 6 F 15/324

審査請求 未請求 請求項の数17 OL (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願平10-94157

(22) 出願日 平成10年(1998) 4月 7日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中 4丁目 1番  
1号

(72) 発明者 長瀬 健二

神奈川県川崎市中原区上小田中 4丁目 1番  
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 大津 信一

神奈川県川崎市中原区上小田中 4丁目 1番  
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 岡田 光由 (外 1名)

最終頁に続く

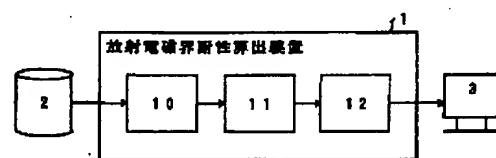
(54) 【発明の名称】 放射電磁界耐性算出装置及び方法並びにプログラム記録媒体

(57) 【要約】

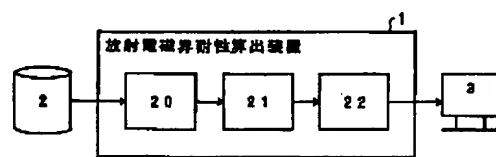
【課題】本発明は、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を高速にシミュレートできるようにする放射電磁界耐性算出装置の提供を目的とする。

【解決手段】アンテナの放射電波を搬送波と上側波と下側波とに分解しつつ、モーメント法を使って電子機器に対する放射電波の影響をシミュレートする構成を採るときにあって、相互インピーダンスを1周波数成分についてだけ算出し、その相互インピーダンスを用いて、モーメント法の連立方程式を解くことで電子機器に流れる電流を算出したり、その相互インピーダンスを用いて、電子機器の持つ波源を無視しつつ、その中の1つの周波数を算出対象としてモーメント法の連立方程式を解くことで電子機器に流れるその周波数成分の電流を算出し、残りの周波数成分の電流については、比例演算により算出する構成を採ることで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を算出する構成を採る。

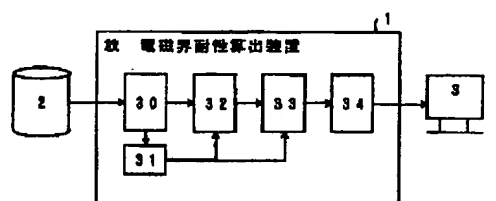
本発明の原理構成図



(a)



(b)



(c)

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 アンテナと電子機器とを要素に分割し、要素間の相互インピーダンスを算出して、該相互インピーダンスと波源と要素に流れる電流との関係を規定するモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流をシミュレートする放射電磁界耐性算出装置であって、搬送波周波数と 1 つ又は複数の上側波周波数と 1 つ又は複数の下側波周波数とに関する代表周波数を設定して、その代表周波数における要素間の相互インピーダンスを算出する第 1 の算出手段と、搬送波周波数、上側波周波数及び下側波周波数を算出対象として、上記第 1 の算出手段の算出する相互インピーダンスを持つモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を算出する第 2 の算出手段とを備えることを、特徴とする放射電磁界耐性算出装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の放射電磁界耐性算出装置において、第 1 の算出手段の算出する相互インピーダンスのマトリックスを LU 分解又は LDU 分解する分解手段を備え、第 2 の算出手段は、上記分解手段の分解する相互インピーダンスのマトリックスを使ってモーメント法の連立方程式を解くことを、特徴とする放射電磁界耐性算出装置。

【請求項 3】 アンテナと電子機器とを要素に分割し、要素間の相互インピーダンスを算出して、該相互インピーダンスと波源と要素に流れる電流との関係を規定するモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流をシミュレートする放射電磁界耐性算出装置であって、搬送波周波数と 1 つ又は複数の上側波周波数と 1 つ又は複数の下側波周波数とに関する代表周波数を設定して、その代表周波数における要素間の相互インピーダンスを算出する第 1 の算出手段と、搬送波周波数、上側波周波数及び下側波周波数のうちの 1 つを算出対象として、電子機器の持つ波源を無視しつつ、上記第 1 の算出手段の算出する相互インピーダンスを持つモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を算出する第 2 の算出手段と、上記第 2 の算出手段の算出する電流とアンテナの波源値とから、比例演算に従って、アンテナの放射電波により電子機器に流れる上記第 2 の算出手段の算出する電流以外の電流を算出する第 3 の算出手段とを備えることを、特徴とする放射電磁界耐性算出装置。

【請求項 4】 アンテナと電子機器とを要素に分割し、要素間の相互インピーダンスを算出して、該相互インピーダンスと波源と要素に流れる電流との関係を規定するモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放

射電波により電子機器に流れる電流をシミュレートする放射電磁界耐性算出装置であって、搬送波周波数と 1 つ又は複数の上側波周波数と 1 つ又は複数の下側波周波数とに関する代表周波数を設定して、その代表周波数における要素間の相互インピーダンスを算出する第 1 の算出手段と、搬送波周波数、上側波周波数及び下側波周波数の内、高調波成分も含めて電子機器の持つ波源の周波数と重なるものを算出対象として、上記第 1 の算出手段の算出する相互インピーダンスを持つモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を算出する第 2 の算出手段と、上記第 2 の算出手段の算出対象とならない周波数の中の 1 つを算出対象として、上記第 1 の算出手段の算出する相互インピーダンスを持つモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる上記第 2 の算出手段の算出する電流以外の電流を算出する第 3 の算出手段と、上記第 3 の算出手段の算出する電流とアンテナの波源値とから、比例演算に従って、アンテナの放射電波により電子機器に流れる上記第 2 及び第 3 の算出手段の算出する電流以外の電流を算出する第 4 の算出手段とを備えることを、特徴とする放射電磁界耐性算出装置。

【請求項 5】 請求項 4 記載の放射電磁界耐性算出装置において、第 1 の算出手段の算出する相互インピーダンスのマトリックスを LU 分解又は LDU 分解する分解手段を備え、第 2 及び第 3 の算出手段は、上記分解手段の分解する相互インピーダンスのマトリックスを使ってモーメント法の連立方程式を解くことを、特徴とする放射電磁界耐性算出装置。

【請求項 6】 請求項 1 ないし 5 記載の放射電磁界耐性算出装置において、第 1 の算出手段は、搬送波周波数、上側波周波数及び下側波周波数の中から代表周波数を設定することを、特徴とする放射電磁界耐性算出装置。

【請求項 7】 請求項 1 ないし 6 記載の放射電磁界耐性算出装置において、誘電体についても考慮するときには、相互インピーダンスに加えて、代表周波数における要素間の相互アドミタンス及び相互リアクションを算出しつつ、相互インピーダンス、相互アドミタンス及び相互リアクションを持つ誘電体についても考慮するモーメント法の連立方程式に従って処理を行うよう構成されることを、特徴とする放射電磁界耐性算出装置。

【請求項 8】 アンテナの放射する電波により電子機器に流れる電流をシミュレートする放射電磁界耐性算出装置であって、電子機器に対する規定の電界強度の印加を実現するアン

テナ情報を管理する管理手段と、  
シミュレーション要求が発行されるときに、上記管理手段からシミュレーションに用いるアンテナ情報を取得する取得手段と、  
電子機器と上記取得手段の取得するアンテナ情報の指定するアンテナとを要素に分割し、要素間の相互インピーダンスを算出して、該相互インピーダンスと波源と要素に流れる電流との関係を規定するモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を算出する算出手段とを備えることを、  
特徴とする放射電磁界耐性算出装置。

【請求項 9】 請求項 8 記載の放射電磁界耐性算出装置において、  
指定の導体要素間位置に対する閾値電圧を設定する設定手段と、  
導体間に仮想的に挿入される抵抗により発生する電圧を抵抗無限大とすることで導出される上記指定導体要素間位置に発生する電圧と、上記設定手段の設定する閾値電圧とを比較して、該電圧が該閾値電圧を超えるのか否かの情報を出力するアラーム手段とを備えることを、  
特徴とする放射電磁界耐性算出装置。

【請求項 10】 請求項 8 又は 9 記載の放射電磁界耐性算出装置において、  
電子機器が存在しない状態を想定して、管理手段への登録対象となるアンテナを要素に分割し、該要素間の相互インピーダンスを算出して、該相互インピーダンスとアンテナの波源と要素に流れる電流との関係を規定するモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナ要素に流れる電流を算出する第 1 の計算手段と、  
上記第 1 の計算手段の算出する電流が電子機器の配置位置にもたらす電界強度を算出する第 2 の計算手段と、  
アンテナと電子機器との間の距離と、アンテナの波源値とを変更しつつ、上記第 2 の計算手段の算出する電界強度が規定のものになることを実現する該距離及び波源値を特定して、それにより規定されるアンテナ情報を管理手段に登録する実行手段とを備えることを、  
特徴とする放射電磁界耐性算出装置。

【請求項 11】 請求項 10 記載の放射電磁界耐性算出装置において、  
第 1 の計算手段は、搬送波周波数、上側波周波数及び下側波周波数の中の 1 つの周波数を算出対象として、モーメント法の連立方程式を解くことでアンテナに流れる電流を算出することを、  
特徴とする放射電磁界耐性算出装置。

【請求項 12】 請求項 8 ないし 11 記載の放射電磁界耐性算出装置において、  
誘電体についても考慮するときには、相互インピーダンスに加えて、要素間の相互アドミッタンス及び相互リアクションを算出しつつ、相互インピーダンス、相互アドミッタンス及び相互リアクションを持つ誘電体について

も考慮するモーメント法の連立方程式に従って処理を行うよう構成されることを、  
特徴とする放射電磁界耐性算出装置。

【請求項 13】 アンテナと電子機器とを要素に分割し、要素間の相互インピーダンスを算出して、該相互インピーダンスと波源と要素に流れる電流との関係を規定するモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流をシミュレートする放射電磁界耐性算出方法であって、  
10 搬送波周波数と 1 つ又は複数の上側波周波数と 1 つ又は複数の下側波周波数とに関する代表周波数を設定して、その代表周波数における要素間の相互インピーダンスを算出する第 1 の処理過程と、  
搬送波周波数、上側波周波数及び下側波周波数の中の 1 つを算出対象として、電子機器の持つ波源を無視しつつ、第 1 の処理過程で算出する相互インピーダンスを持つモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を算出する第 2 の  
20 処理過程と、  
第 2 の処理過程で算出する電流とアンテナの波源値とから、比例演算に従って、アンテナの放射電波により電子機器に流れる第 2 の処理過程で算出する電流以外の電流を算出する第 3 の処理過程とを備えることを、  
特徴とする放射電磁界耐性算出方法。

【請求項 14】 アンテナと電子機器とを要素に分割し、要素間の相互インピーダンスを算出して、該相互インピーダンスと波源と要素に流れる電流との関係を規定するモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流をシミュレートする放射電磁界耐性算出装置の実現に用いられるプログラムが格納されるプログラム記録媒体であって、  
30 搬送波周波数と 1 つ又は複数の上側波周波数と 1 つ又は複数の下側波周波数とに関する代表周波数を設定して、その代表周波数における要素間の相互インピーダンスを算出する第 1 の算出処理と、  
搬送波周波数、上側波周波数及び下側波周波数を算出対象として、上記第 1 の算出処理の算出する相互インピーダンスを持つモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を算出する第 2 の算出処理とをコンピュータに実行させるプログラムが格納されることを、  
40 特徴とするプログラム記録媒体。

【請求項 15】 アンテナと電子機器とを要素に分割し、要素間の相互インピーダンスを算出して、該相互インピーダンスと波源と要素に流れる電流との関係を規定するモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流をシミュレートする放射電磁界耐性算出装置の実現に用いられるプログラムが格納されるプログラム記録媒体であって、  
50 搬送波周波数と 1 つ又は複数の上側波周波数と 1 つ又は

複数の下側波周波数とに関する代表周波数を設定して、その代表周波数における要素間の相互インピーダンスを算出する第1の算出処理と、

搬送波周波数、上側波周波数及び下側波周波数の中の1つを算出対象として、電子機器の持つ波源を無視しつつ、上記第1の算出処理の算出する相互インピーダンスを持つモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を算出する第2の算出処理と、

上記第2の算出処理の算出する電流とアンテナの波源値とから、比例演算に従って、アンテナの放射電波により電子機器に流れる上記第2の算出処理の算出する電流以外の電流を算出する第3の算出処理とをコンピュータに実行させるプログラムが格納されることを、  
特徴とするプログラム記録媒体。

【請求項16】 アンテナと電子機器とを要素に分割し、要素間の相互インピーダンスを算出して、該相互インピーダンスと波源と要素に流れる電流との関係を規定するモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流をシミュレートする放射電磁界耐性算出装置の実現に用いられるプログラムが格納されるプログラム記録媒体であって、搬送波周波数と1つ又は複数の上側波周波数と1つ又は複数の下側波周波数とに関する代表周波数を設定して、その代表周波数における要素間の相互インピーダンスを算出する第1の算出処理と、搬送波周波数、上側波周波数及び下側波周波数の内、高調波成分も含めて電子機器の持つ波源の周波数と重なるものを算出対象として、上記第1の算出処理の算出する相互インピーダンスを持つモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を算出する第2の算出処理と、上記第2の算出処理の算出対象とならない周波数の中の1つを算出対象として、上記第1の算出処理の算出する相互インピーダンスを持つモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる上記第2の算出処理の算出する電流以外の電流を算出する第3の算出処理と、上記第3の算出処理の算出する電流とアンテナの波源値とから、比例演算に従って、アンテナの放射電波により電子機器に流れる上記第2及び第3の算出処理の算出する電流以外の電流を算出する第4の算出処理とをコンピュータに実行させるプログラムが格納されることを、  
特徴とするプログラム記録媒体。

【請求項17】 アンテナの放射する電波により電子機器に流れる電流をシミュレートする放射電磁界耐性算出装置の実現に用いられるプログラムが格納されるプログラム記録媒体であって、電子機器に対する規定の電界強度の印加を実現するアンテナ情報を管理する管理手段をアクセス先として、シミ

ュレーション要求が発行されるときに、該管理手段からシミュレーションに用いるアンテナ情報を取得する取得手段と、

電子機器と上記取得処理の取得するアンテナ情報の指定するアンテナとを要素に分割し、要素間の相互インピーダンスを算出して、該相互インピーダンスと波源と要素に流れる電流との関係を規定するモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を算出する算出処理とをコンピュータに実行させるプログラムが格納されることを、  
特徴とするプログラム記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を高速にシミュレートできるようにする放射電磁界耐性算出装置及び方法と、その実現に用いられるプログラムが格納されるプログラム記録媒体とに関する。

【0002】電子機器に対する社会的要請として、他の電子機器から放射される一定のレベル以下の電波により影響を受けてはならないということがあり、各国の規格で厳しく規定されるようになってきた。

【0003】この電波規格は、アンテナの放射する電波により電子機器が影響を受けるのか否かということで検査されることになる。これから、アンテナの放射する電波が電子機器に与える影響をシミュレートできるようにするシミュレーション技術の開発が必要となってきた。

【0004】

【従来の技術】物体の各部に流れる電流や磁流は、理論的には、マックスウェルの電磁波方程式を与えられた境界条件の下で解くことで得られる。

【0005】これを解くものとして、モーメント法がある。このモーメント法は、マックスウェルの電磁波方程式から導かれる積分方程式の解法の1つで、物体を小さな要素に分割して電流や磁流の計算を行う手法であり、3次元の任意形状物体を扱うことができる。モーメント法についての参考文献としては、「H.N.Wang, J.H.Richmond and M.C.Gilreath: "Sinusoidal reaction formulation for radiation and scattering from conducting surface" IEEE TRANSACTIONS ANTENNAS PROPAGATION vol.AP-23 1975」がある。

【0006】このモーメント法では、シミュレーション対象となる装置の構造をメッシュ化し、処理対象の周波数を選択すると、その周波数について、メッシュした要素間の相互インピーダンスや相互アドミタンスや相互リアクションを所定の計算処理によって求めて、その求めた相互インピーダンスなどと構造情報で指定される波源とをモーメント法の連立方程式に代入し、それを解くことで各要素に流れる電流や磁流を求めることになる。

【0007】すなわち、金属対象物を扱うときには、金属部分を解析対象としてメッシュ化し、このメッシュ化した金属要素間の相互インピーダンス $Z_{ij}$ （処理対象の周波数における値）を求めて、この相互インピーダンス $Z_{ij}$ と、その周波数成分の波源 $V_i$ と、メッシュ化した金属要素に流れるその周波数成分の電流 $I_i$ との間に成立するモーメント法の連立方程式

$$[Z_{ij}] [I_i] = [V_i]$$

但し、 $[ ]$  はマトリックス

を解くことで金属要素に流れる電流 $I_i$ を求めることになる。

【0008】なお、相互インピーダンスは、ある要素の電流が誘起する電界と、他の要素の電流との間の関係を表し、相互アドミタンスは、誘電体の存在を考慮するときに必要となるものであって、ある要素の磁流が誘起する磁界と、他の要素の磁流との間の関係を表し、相互リアクションは、誘電体の存在を考慮するときに必要となるものであって、ある要素の電流（磁流）が誘起する電界（磁界）と、他の要素の磁流（電流）との間の関係を表す。金属には電流が流れ、誘電体の表面には電流及び磁流が流れる。

【0009】現在までの所、アンテナの放射する電波が電子機器に与える影響をシミュレートする技術は提供されていないというのが実情である。これに対して、このモーメント法を用いることで、アンテナの放射する電波が電子機器に与える影響をシミュレートすることが可能になる。

【0010】すなわち、シミュレーション対象となる電子機器と、電波を放射するアンテナとを一体的なモーメント法の適用対象物として設定して、それを要素に分割し、要素間の相互インピーダンスなどを所定の計算処理によって求めて、その求めた相互インピーダンスなどと、構造情報で指定される波源（電子機器の持つ波源と、アンテナの持つ波源）とをモーメント法の連立方程式に代入し、それを解くことで電子機器に流れる電流や磁流を求めることが可能になるので、アンテナの放射する電波が電子機器に与える影響をシミュレートすることが可能になるのである。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】このようなことを背景にして、本発明者らは、特願平9-90412号で、モーメント法を使って、アンテナの放射する電波が電子機器に与える影響をシミュレートする発明を開示した。

【0012】この発明では、搬送波の周波数を $f_c$ 、変調波の周波数を $f_m$ で表すならば、振幅変調のときには、アンテナの放射する電波の周波数が $f_c$ と $(f_c + f_m)$ と $(f_c - f_m)$ という3つに分解できることに着目して、シミュレーション対象となる電子機器と、電波を放射するアンテナとを一体的なモーメント法の適用対象物として設定してモーメント法を適用するときにあ

って、この3つの波源に対してモーメント法を適用することで、アンテナの放射する電波が電子機器に与える影響をシミュレートすることを実現している。

【0013】確かに、この特願平9-90412号の発明に従うと、アンテナの放射する電波が電子機器に与える影響をシミュレートできるようになる。しかしながら、この特願平9-90412号の発明に従っていると、 $f_c$ という周波数について、相互インピーダンスや相互アドミタンスや相互リアクションを算出してモーメント法の連立方程式を解き、 $(f_c + f_m)$ という周波数について、相互インピーダンスや相互アドミタンスや相互リアクションを算出してモーメント法の連立方程式を解き、 $(f_c - f_m)$ という周波数について、相互インピーダンスや相互アドミタンスや相互リアクションを算出してモーメント法の連立方程式を解かなければならない。

【0014】相互インピーダンスや相互アドミタンスや相互リアクションの算出は、非常に時間がかかるものであり、これから、この特願平9-90412号の発明に従っていると、アンテナの放射する電波が電子機器に与える影響を高速にシミュレートできないという問題点がある。

【0015】ちなみに、この特願平9-90412号の発明では、主に、本発明者らが特願平7-298062号で開示した相互インピーダンスや相互アドミタンスや相互リアクションの高速算出手法を利用して、時間領域での電流や磁流や電磁界強度をシミュレートする技術について開示している。

【0016】更に、アンテナの放射する電波が電子機器に与える影響をシミュレートするには、アンテナの放射する電波により電子機器に印加される電界強度が規格のものとなっている必要がある。

【0017】しかるに、特願平9-90412号の発明では、この点について考察していない。これから、特願平9-90412号の発明を用いてアンテナの放射する電波が電子機器に与える影響をシミュレートする場合、アンテナや電子機器の位置などを試行錯誤的に変更しながらシミュレーションを実行しなければならない。これから、アンテナの放射する電波が電子機器に与える影響を高速にシミュレートできないという問題点がある。

【0018】本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであって、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を高速にシミュレートできるようにする新たな放射電磁界耐性算出装置及び方法の提供と、その実現に用いられるプログラムが格納される新たなプログラム記録媒体の提供とを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】図1及び図2に本発明の原理構成を図示する。図中、1は本発明を具備する放射電磁界耐性算出装置であって、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流をシミュレートするものであ

る。

【0020】本発明の放射電磁界耐性算出装置1は、電子機器構造データファイル2からシミュレーション対象の電子機器の構造情報を読み込んで、その電子機器と、シミュレーションに用いるアンテナ（図2に示すアンテナ構造データファイル4からその構造情報を読み込む）とを要素に分割し、誘電体を考慮しない場合の例で説明するならば、要素間の相互インピーダンスを算出して、相互インピーダンスと波源と要素に流れる電流との関係を規定するモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流をシミュレートして、そのシミュレーション結果を出力装置3に出力する処理を行う。

【0021】図1(a)に原理構成を図示する本発明の放射電磁界耐性算出装置1は、第1の算出手段10と、分解手段11と、第2の算出手段12とを備える。この第1の算出手段10は、アンテナの放射する電波の搬送波周波数／上側波周波数／下側波周波数に関する代表周波数を設定して、その代表周波数における要素間の相互インピーダンスを算出する。

【0022】分解手段11は、第1の算出手段10の算出する相互インピーダンスのマトリックスをLU分解又はLDU分解する。第2の算出手段12は、搬送波周波数／上側波周波数／下側波周波数を算出対象として、第1の算出手段10の算出する相互インピーダンスを持つモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を算出する。

【0023】誘電体について考慮するときには、相互インピーダンスに加えて、代表周波数における要素間の相互アドミタンス及び相互リアクションを算出しつつ、相互インピーダンス、相互アドミタンス及び相互リアクションを持つ誘電体について考慮するモーメント法の連立方程式を解く構成を採る。

【0024】ここで、図1(a)に原理構成を図示する本発明の放射電磁界耐性算出装置1の持つ機能は具体的にはプログラムで実現されるものであり、このプログラムは、フロッピーディスクなどに格納されたり、サーバなどのディスクなどに格納され、それらから放射電磁界耐性算出装置1にインストールされてメモリ上で動作することで、本発明を実現することになる。

【0025】このように構成される図1(a)に原理構成を図示する本発明の放射電磁界耐性算出装置1では、第1の算出手段10は、アンテナの放射する電波の搬送波周波数と上側波周波数と下側波周波数との違いが僅かであることを考慮し、代表周波数を設定して、その代表周波数における要素間の相互インピーダンスを算出することで、これらの周波数に共通となる相互インピーダンスを算出する。

【0026】この相互インピーダンスを受けて、第2の算出手段12は、搬送波周波数、上側波周波数及び下側

波周波数を算出対象として、算出された相互インピーダンスを持つモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を算出する。

【0027】このとき、分解手段11が備えられるときには、第2の算出手段12は、LU分解やLDU分解された相互インピーダンスのマトリックスを使ってモーメント法を解くことになる。LU分解やLDU分解には時間がかかるが、LU分解やLDU分解された相互インピーダンスのマトリックスを使ってモーメント法を解くことは高速に実行でき、これから、トータルとしては、高速にモーメント法の連立方程式を解くことができるようになる。

【0028】このように、図1(a)に原理構成を図示する本発明の放射電磁界耐性算出装置1では、アンテナの放射する電波を搬送波と上側波と下側波とに分解しつつ、モーメント法を使ってアンテナの放射電波の影響をシミュレートする構成を採るときにあって、相互インピーダンスを1周波数成分についてだけ算出し、その相互インピーダンスを用いて、搬送波周波数についてのモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる搬送波周波数成分の電流を算出し、上側波周波数についてのモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる上側波周波数成分の電流を算出し、下側波周波数についてのモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる下側波周波数成分の電流を算出する構成を採るので、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を高速にシミュレートできるようになる。

【0029】また、図1(b)に原理構成を図示する本発明の放射電磁界耐性算出装置1は、第1の算出手段20と、第2の算出手段21と、第3の算出手段22とを備える。

【0030】この第1の算出手段20は、アンテナの放射する電波の搬送波周波数／上側波周波数／下側波周波数に関する代表周波数を設定して、その代表周波数における要素間の相互インピーダンスを算出する。

【0031】第2の算出手段21は、搬送波周波数／上側波周波数／下側波周波数の中の1つを算出対象として、電子機器の持つ波源を無視しつつ、第1の算出手段20の算出する相互インピーダンスを持つモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を算出する。

【0032】第3の算出手段22は、第2の算出手段21の算出する電流とアンテナの波源値とから、比例演算に従って、アンテナの放射電波により電子機器に流れる第2の算出手段21の算出する電流以外の電流を算出する。

【0033】誘電体について考慮するときには、相互イ

10

20

30

40

50



ンピーダンスに加えて、代表周波数における要素間の相互アドミッタンス及び相互リアクションを算出しつつ、相互インピーダンス、相互アドミッタンス及び相互リアクションを持つ誘電体について考慮するモーメント法の連立方程式を解く構成を採る。

【0034】ここで、図1(b)に原理構成を図示する本発明の放射電磁界耐性算出装置1の持つ機能は具体的にはプログラムで実現されるものであり、このプログラムは、フロッピーディスクなどに格納されたり、サーバなどのディスクなどに格納され、それらから放射電磁界耐性算出装置1にインストールされてメモリ上で動作することで、本発明を実現することになる。

【0035】このように構成される図1(b)に原理構成を図示する本発明の放射電磁界耐性算出装置1では、第1の算出手段20は、アンテナの放射する電波の搬送波周波数と上側波周波数と下側波周波数との違いが僅かであることを考慮し、代表周波数を設定して、その代表周波数における要素間の相互インピーダンスを算出することで、これらの周波数に共通となる相互インピーダンスを算出する。

【0036】この相互インピーダンスを受けて、第2の算出手段21が搬送波周波数を算出対象とするときの例で説明するならば、第2の算出手段21は、電子機器の持つ波源を無視しつつ、算出された相互インピーダンスを持つ搬送波周波数についてのモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる搬送波周波数成分の電流を算出する。

【0037】この第2の算出手段21の算出する搬送波周波数成分の電流を受けて、第3の算出手段22は、算出された搬送波周波数成分の電流と、搬送波周波数におけるアンテナの波源値と、上側波周波数におけるアンテナの波源値とから、比例演算に従って、アンテナの放射電波により電子機器に流れる上側波周波数成分の電流を算出するとともに、算出された搬送波周波数成分の電流と、搬送波周波数におけるアンテナの波源値と、下側波周波数におけるアンテナの波源値とから、比例演算に従って、アンテナの放射電波により電子機器に流れる下側波周波数成分の電流を算出する。

【0038】このように、図1(b)に原理構成を図示する本発明の放射電磁界耐性算出装置1では、アンテナの放射する電波を搬送波と上側波と下側波とに分解しつつ、モーメント法を使ってアンテナの放射電波の影響をシミュレートする構成を採るときにあつて、相互インピーダンスを1周波数成分についてだけ算出し、その相互インピーダンスを用いて、電子機器の持つ波源を無視しつつ、その中の1つの周波数を算出対象としてモーメント法の連立方程式を解くことで電子機器に流れるその周波数成分の電流を算出し、残りの周波数成分の電流については、比例演算により算出する構成を採るので、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を高速にシ

ミュレートできるようになる。

【0039】また、図1(c)に原理構成を図示する本発明の放射電磁界耐性算出装置1は、第1の算出手段30と、分解手段31と、第2の算出手段32と、第3の算出手段33と、第4の算出手段34とを備える。

【0040】この第1の算出手段30は、アンテナの放射する電波の搬送波周波数/上側波周波数/下側波周波数に関する代表周波数を設定して、その代表周波数における要素間の相互インピーダンスを算出する。

【0041】分解手段31は、第1の算出手段30の算出する相互インピーダンスのマトリックスをLU分解又はLDU分解する。第2の算出手段32は、搬送波周波数/上側波周波数/下側波周波数の内、高調波成分も含めて電子機器の持つ波源の周波数と重なるものを算出対象として、第1の算出手段30の算出する相互インピーダンスを持つモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を算出する。

【0042】第3の算出手段33は、第2の算出手段32の算出対象とならない周波数の中の1つを算出対象として、第1の算出手段30の算出する相互インピーダンスを持つモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる第2の算出手段32の算出する電流以外の電流を算出する。

【0043】第4の算出手段34は、第3の算出手段33の算出する電流とアンテナの波源値とから、比例演算に従って、アンテナの放射電波により電子機器に流れる第2及び第3の算出手段32,33の算出する電流以外の電流を算出する。

【0044】誘電体について考慮するときには、相互インピーダンスに加えて、代表周波数における要素間の相互アドミッタンス及び相互リアクションを算出しつつ、相互インピーダンス、相互アドミッタンス及び相互リアクションを持つ誘電体について考慮するモーメント法の連立方程式を解く構成を採る。

【0045】ここで、図1(c)に原理構成を図示する本発明の放射電磁界耐性算出装置1の持つ機能は具体的にはプログラムで実現されるものであり、このプログラムは、フロッピーディスクなどに格納されたり、サーバなどのディスクなどに格納され、それらから放射電磁界耐性算出装置1にインストールされてメモリ上で動作することで、本発明を実現することになる。

【0046】このように構成される図1(c)に原理構成を図示する本発明の放射電磁界耐性算出装置1では、第1の算出手段30は、アンテナの放射する電波の搬送波周波数と上側波周波数と下側波周波数との違いが僅かであることを考慮し、代表周波数を設定して、その代表周波数における要素間の相互インピーダンスを算出することで、これらの周波数に共通となる相互インピーダンスを算出する。



【0047】この相互インピーダンスを受けて、搬送波周波数が電子機器の持つ波源の周波数と重なり、上側波周波数／下側波周波数が電子機器の持つ波源の周波数と重ならないときの例で説明するならば、第2の算出手段32は、算出された相互インピーダンスを持つ搬送波周波数についてのモーメント法の連立方程式（電子機器の持つ波源が入る）を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる搬送波周波数成分の電流を算出し、第3の算出手段33は、算出された相互インピーダンスを持つ例えば上側波周波数についてのモーメント法の連立方程式（電子機器の持つ波源が入らない）を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる例えば上側波周波数成分の電流を算出する。

【0048】そして、この第3の算出手段33の算出する上側波周波数成分の電流を受けて、第4の算出手段34は、算出された上側波周波数成分の電流と、上側波周波数におけるアンテナの波源値と、下側波周波数におけるアンテナの波源値とから、比例演算に従って、アンテナの放射電波により電子機器に流れる下側波周波数成分の電流を算出する。

【0049】このとき、分解手段31が備えられるときには、第2及び第3の算出手段32,33は、LU分解やLDU分解された相互インピーダンスのマトリックスを使ってモーメント法を解くことになる。LU分解やLDU分解には時間がかかるが、LU分解やLDU分解された相互インピーダンスのマトリックスを使ってモーメント法を解くことは高速に実行でき、これから、トータルとしては、高速にモーメント法の連立方程式を解くことができるようになる。

【0050】このように、図1(c)に原理構成を図示する本発明の放射電磁界耐性算出装置1では、アンテナの放射する電波を搬送波と上側波と下側波とに分解しつつ、モーメント法を使ってアンテナの放射電波の影響をシミュレートする構成を採るときにあつて、相互インピーダンスを1周波数成分についてだけ算出し、その相互インピーダンスを用いて、電子機器の持つ波源の周波数と重なる周波数については、その周波数についてのモーメント法の連立方程式を解くことで電子機器に流れるその周波数成分の電流を算出し、重ならない周波数成分の電流については、その中の1つについてだけモーメント法の連立方程式を解くことで電子機器に流れるその周波数成分の電流を算出するとともに、残りの周波数成分の電流については、比例演算により算出する構成を採るので、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を高速にシミュレートできるようになる。

【0051】また、図2に原理構成を図示する本発明の放射電磁界耐性算出装置1は、管理手段40と、第1の計算手段41と、第2の計算手段42と、実行手段43と、取得手段44と、算出手段45と、設定手段46と、アラーム手段47とを備える。

【0052】この管理手段40は、電子機器に対する規定の電界強度（規格などの規定する電界強度）の印加を実現するアンテナ情報を管理する。第1の計算手段41は、電子機器が存在しない状態を想定して、管理手段40への登録対象となるアンテナを要素に分割し、それらの要素間の相互インピーダンスを算出して、その相互インピーダンスとアンテナの波源と要素に流れる電流との関係を規定するモーメント法の連立方程式を解くことで、それらのアンテナ要素に流れる電流を算出する。この算出処理にあたって、第1の計算手段41は、搬送波周波数、上側波周波数及び下側波周波数の内の1つの周波数を算出対象として、モーメント法の連立方程式を解くことでアンテナに流れる電流を算出することがある。

【0053】第2の計算手段42は、第1の計算手段41の算出する電流が電子機器の配置位置にもたらす電界強度を算出する。実行手段43は、アンテナと電子機器との間の距離と、アンテナの波源値とを変更しつつ、第2の計算手段42の算出する電界強度が規定のものになることを実現するその距離及び波源値を特定して、それにより規定されるアンテナ情報を管理手段40に登録する。

【0054】取得手段44は、シミュレーション要求が発行されるときに、管理手段40からシミュレーションに用いるアンテナモデルを取得する。算出手段45は、電子機器と取得手段44の取得するアンテナ情報の指定するアンテナとを要素に分割し、それらの要素間の相互インピーダンスを算出して、その相互インピーダンスと波源と要素に流れる電流との関係を規定するモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を算出する。この算出処理にあたって、算出手段45は、図1に原理構成を図示した本発明の放射電磁界耐性算出装置1で実行した高速の算出手法を用いて電流を算出することがある。

【0055】設定手段46は、指定の要素に対する閾値電流を設定したり、指定の導体要素間位置に対する閾値電圧を設定する。アラーム手段47は、指定の要素に流れる電流が設定手段46の設定する閾値電流を超えるのか否かの情報を出力したり、指定の導体要素間位置に発生する電圧が設定手段46の設定する閾値電圧を超えるのか否かの情報を出力する。

【0056】誘電体について考慮するときには、相互インピーダンスに加えて、要素間の相互アドミッタンス及び相互リアクションを算出しつつ、相互インピーダンス、相互アドミッタンス及び相互リアクションを持つ誘電体について考慮するモーメント法の連立方程式を解く構成を採る。

【0057】ここで、図2に原理構成を図示する本発明の放射電磁界耐性算出装置1の持つ機能は具体的にはプログラムで実現されるものであり、このプログラムは、フロッピーディスクなどに格納されたり、サーバなどの

ディスクなどに格納され、それらから放射電磁界耐性算出装置 1 にインストールされてメモリ上で動作することで、本発明を実現することになる。このように構成される図 2 に原理構成を図示する本発明の放射電磁界耐性算出装置 1 では、第 2 の計算手段 4 2 は、第 1 の計算手段 4 1 が電子機器が存在しない状態を想定してアンテナの要素に流れる電流を算出すると、その電流が電子機器の配置位置にもたらす電界強度を算出する。

【0058】この第 2 の計算手段 4 2 の算出処理を受けて、実行手段 4 3 は、アンテナと電子機器との間の距離と、アンテナの波源値とを変更しつつ、第 2 の計算手段 4 2 の算出する電界強度が規定のものになることを実現するその距離及び波源値を特定して、それにより規定されるアンテナ情報を管理手段 4 0 に登録する。

【0059】この管理手段 4 0 の管理するアンテナ情報を受けて、取得手段 4 4 は、シミュレーション要求が発行されると、管理手段 4 0 からシミュレーションに用いるアンテナ情報を取得し、これを受けて、算出手段 4 5 は、シミュレーション対象の電子機器と取得手段 4 4 の取得するアンテナ情報の指定するアンテナとを要素に分割し、それらの要素間の相互インピーダンスを算出して、その相互インピーダンスと波源と要素に流れる電流との関係を規定するモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を算出する。

【0060】このとき、アラーム手段 4 7 は、算出手段 4 5 の算出する指定要素に流れる電流と、設定手段 4 6 の設定する閾値電流とを比較して、その電流が閾値電流を超えるのか否かの情報を出力する。また、アラーム手段 4 7 は、導体間に仮想的に挿入される抵抗により発生する電圧を抵抗無限大とすることで導出される指定導体要素間位置に発生する電圧と、設定手段 4 6 の設定する閾値電圧とを比較して、その電圧が閾値電圧を超えるのか否かの情報を出力する。

【0061】このように、図 2 に原理構成を図示する本発明の放射電磁界耐性算出装置 1 では、モーメント法を使ってアンテナの放射電波の影響をシミュレートする構成を採るときにあって、前もって、電子機器に対する規定の電界強度（規格などの規定する電界強度）の印加を実現するアンテナ情報を用意する構成を採って、シミュレーション要求があるときに、そのアンテナ情報を使って、モーメント法の連立方程式を解くことで電子機器に流れる電流を算出する構成を採ることから、アンテナの放射電波により規定の電界強度が印加されるときに電子機器に流れる電流を高速にシミュレートできるようになる。

【0062】

【発明の実施の形態】以下、実施の形態に従って本発明を詳細に説明する。図 3 に、本発明の放射電磁界耐性算\*

$$v(t) = \sum c_n \exp(j n \omega_m t)$$

\* 出装置 1 の一実施例を図示する。

【0063】この実施例に従う本発明の放射電磁界耐性算出装置 1 は、シミュレーション対象となる電子機器の構造情報を管理する電子機器構造データファイル 2 と、シミュレーション結果を出力する出力装置 3 と、シミュレーション処理に用いるアンテナの構造情報を管理するアンテナ構造データファイル 4 と、フロッピーディスクや回線などを介してインストールされて、アンテナ構造データファイル 4 からアンテナの構造情報を読み込み、シミュレーション処理に用いるアンテナモデルを生成するアンテナモデル生成プログラム 100 と、アンテナモデル生成プログラム 100 の生成するアンテナモデルを管理するアンテナモデルライブラリ 200 と、フロッピーディスクや回線などを介してインストールされて、電子機器構造データファイル 2 からシミュレーション対象の電子機器の構造情報を読み込み、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流をシミュレートして、そのシミュレーション結果を出力装置 3 に出力するシミュレーションプログラム 300 とを備える。

【0064】アンテナの放射する電波が電子機器に与える影響をみる試験は、図 4 に示すように、地上から一定の高さの位置に、1.5m×1.5m などの大きさを持つ電子機器を配置する試験ゾーン（図に示すように、地上に垂直となる形態で設定される）を設けて、アンテナの放射する電波により、この試験ゾーンに規定の大きさの電界（最大値と最小値との差が 6 dB 以内で、3 V/m とような電界）を印加することで行う。

【0065】アンテナモデル生成プログラム 100 は、この試験条件を実現するアンテナモデルを生成するものであって、具体的には、図 5 に示すように、構造 ID（アンテナ構造データファイル 4 に格納されるアンテナ構造情報を指す）と、アンテナの種類（ダイポール、ログペリ、バイコニカルなど）と、アンテナと電子機器との間の距離と、アンテナの高さと、アンテナの変調条件と、アンテナの印加方向（水平方向／垂直方向、前／後／右／左）と、試験ゾーン内の電界強度の許容値レベル（上述の 6 dB、3 V/m）と、試験ゾーンの電界均一面位置（上述の 1.5m×1.5m）とで構成されるアンテナモデルを生成する。

【0066】ここで、アンテナの変調条件とは、具体的には、搬送波の周波数範囲と、搬送波の周波数  $f_c$  と、変調波の周波数  $f_m$  と、振幅変調であるのかパルス変調であるのかという情報である。

【0067】アンテナの放射する電波は、変調信号を  $v(t)$  とすると、

$$f(t) = A_c [1 + k v(t)] \exp(j \omega_c t)$$

となる。この変調信号を  $v(t)$  は、複素フーリエ級数により

$$n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

と展開される。

【0068】この式で、振幅変調のときには「 $n=1$ 」となる。一方、パルス変調のときには「 $n=0 \sim \pm\infty$ 」\*

$$v(t) = \sum c_n \exp(j n \omega_n t) \quad n = 0, \pm 1, \dots, \pm L$$

となり、これを、

$$f(t) = A_c [1 + k v(t)] \exp(j \omega_c t)$$

に代入すると、

$$f(t) = A_c [j \omega_c t] + A_c k \sum c_n \exp[j(\omega_c + n \omega_n) t]$$

【0069】これから、アンテナの波源は、振幅変調のときには、図6(a)に示すように、搬送波の周波数 $f_c$ を持つ波源と、上側波の周波数( $f_c + f_m$ )を持つ波源と、下側波の周波数( $f_c - f_m$ )を持つ波源という3つの波源に分解できる。また、パルス変調のときには、図6(b)に示すように、搬送波の周波数 $f_c$ を持つ波源と、上側波帯の周波数となる $f_c$ から $f_m$ ずつ増加する周波数を持つ波源と、下側波帯の周波数となる $f_c$ から $f_m$ ずつ減少する周波数を持つ波源という3種類の波源に分解できる。

【0070】これから、アンテナモデルでは、搬送波の周波数範囲と、搬送波の周波数 $f_c$ と、変調波の周波数 $f_m$ と、振幅変調であるのかパルス変調であるのかという情報を管理することになる。

【0071】図7及び図8に、アンテナモデル生成プログラム100の実行する処理フローの一実施例、図9及び図10に、シミュレーションプログラム300の実行する処理フローの一実施例を図示する。次に、これらの処理フローに従って、本発明について詳細に説明する。

【0072】最初に、図7及び図8の処理フローに従って、アンテナモデル生成プログラム100の実行する処理について説明する。アンテナモデル生成プログラム100は、オペレータから構造IDを指定してアンテナモデルの生成要求が発行されると、図7及び図8の処理フローに示すように、先ず最初に、ステップ1で、アンテナ構造データファイル4から指定された構造IDの指すアンテナの構造情報を入力し、続くステップ2で、モーメント法を適用すべくその入力したアンテナを要素に分割する。

【0073】続いて、ステップ3で、オペレータと対話することにより、アンテナに関するシミュレーションの試験条件を入力する。すなわち、アンテナモデルを構成する、アンテナの搬送波の周波数範囲(例えば30MHz~1GHz)や、アンテナの変調波の周波数(例えば1KHz)や、変調方式(振幅変調/パルス変調)や、アンテナの高さや、アンテナの印加方向や、試験ゾーンの大きさ(例えば1.5m×1.5m)や、試験ゾーン内の電界強度の許容値レベル(例えば6dBで、3V/m)などを入力する。

【0074】ここで、アンテナと試験ゾーンとの間の距離と、アンテナの波源強度とについては、入力した許容

\*となるが、シミュレーション処理では「 $n=0 \sim \pm L$ 」と設定することになる。従って、

値レベルを実現するようにとこれから決定することになるので、規定の初期値を入力することになる。このとき、アンテナと試験ゾーンとの間の距離の初期値としては、後述することから分かるように、実際のシミュレーションに用いる距離も小さな値を設定することになる。

【0075】続いて、ステップ4で、ステップ3で入力した搬送波周波数範囲の中から、例えば50MHzずつ増加する形態で搬送波周波数を1つ選択する。続いて、ステップ5で、全周波数の選択を終了したのか否かを判断して、全周波数の選択を終了していないことを判断するとき、すなわち、ステップ4で搬送波周波数を選択してきたことを判断するときには、ステップ6に進んで、その選択した搬送波周波数におけるステップ2で分割した要素間の相互インピーダンスを算出する。

【0076】この相互インピーダンスの算出は、具体的には、図11に示すようなモノポール(図中の①~④)を想定することで実行される。要素iと要素jとの間の相互インピーダンス $Z_{ij}$ の一般式は、図12(a)に図示する数式で表される。図中、 $\omega$ は角周波数、 $r$ はモノポール間の距離、 $J_1, J_2$ はモノポール上の電流分布の形状、 $\phi$ はモノポール間の傾きを表し、 $\rho_1 = (-1/j\omega) \times [\partial J_1 / \partial t]$ 、 $\rho_2 = (-1/j\omega) \times [\partial J_2 / \partial t]$ である。

【0077】モノポール上の電流分布 $J_1, J_2$ として、

$$\text{電流モノポール①} \quad J_1 = \text{sinc}(z - z_c) / \text{sinc} d_1$$

$$\text{電流モノポール②} \quad J_1 = \text{sinc}(z_2 - z) / \text{sinc} d_2$$

$$\text{電流モノポール③} \quad J_2 = \text{sinc}(t - t_c) / \text{sinc} d_3$$

$$\text{電流モノポール④} \quad J_2 = \text{sinc}(t_2 - t) / \text{sinc} d_4$$

$d_1$ :モノポール①の長さ、 $d_2$ :モノポール②の長さ

$d_3$ :モノポール③の長さ、 $d_4$ :モノポール④の長さ

を想定すると、モノポール①とモノポール③の相互インピーダンス $Z_{13}$ と、モノポール①とモノポール④の相互インピーダンス $Z_{14}$ とは、図12(b)に図示する数式のように表される。モノポール②とモノポール③の相互インピーダンス $Z_{23}$ と、モノポール②とモノポール④の相互インピーダンス $Z_{24}$ についても同様の数式で表される。

【0078】これから、このステップ6では、これらの数式を計算することで、要素iと要素jとの間の相互インピーダンス $Z_{ij}$ 、( $= Z_{13} + Z_{14} + Z_{23} + Z_{24}$ )を求めるのである。

【0079】ステップ6で、ステップ4で選択した搬送波周波数における要素間の相互インピーダンスを算出すると、続いて、ステップ7で、その相互インピーダンスを持つ図13に示す数式で表されるモーメント法の連立方程式を解くことで、ステップ2で分割したアンテナ要

素に流れる電流を算出する。

【0080】続いて、ステップ8で、ステップ3で入力した試験ゾーン内に設定される複数の測定点（例えば16点）を算出対象として、ステップ7で算出した電流がそれらの測定点に印加する電界強度を算出する。この算出処理は、公知の電磁理論式に従って実行される。続いて、ステップ9で、ステップ8で算出した電界強度の最大値及び最小値を特定して、その2つの電界強度の差を算出することで、試験ゾーン内の電界均一度をチェックする。

【0081】続いて、ステップ10で、ステップ9で算出した電界強度の差がステップ3で入力した許容の減衰率（例えば6 dB）に入っているのか否かをチェックし、このチェック処理により、許容の減衰率に入っていないことを判断するときには、ステップ11に進んで、その許容の減衰率に入るようにと、アンテナと試験ゾーンとの間の距離が大きくなるように変更する。なお、距離を大きくすると、試験ゾーン内の電界均一度は向上することになるので、これまでに電界均一度のチェック処理を終えた搬送波周波数について、再度そのチェック処理をやり直す必要はない。

【0082】ステップ10で許容の減衰率に入っていることを判断し、あるいは、ステップ10で許容の減衰率に入っていないことを判断することで、ステップ11で許容の減衰率に入るべく距離を変更すると、続いて、ステップ12（図8の処理フロー）に進んで、ステップ8で算出した今回の電界強度の最小値と、これまでに算出した電界強度の最小値（作業領域に保持しておく）とを比較する。

【0083】続いて、ステップ13で、ステップ12での比較処理により、今回算出した電界強度の最小値がこれまでのものよりも小さいのか否かを判断して、小さいことを判断するときには、ステップ14に進んで、作業領域に保持する電界強度の最小値を更新してから、次の搬送波周波数の処理を行うべくステップ4に戻り、大きいことを判断するときには、ステップ14の処理を行わずに、次の搬送波周波数の処理を行うべくステップ4に戻る。

【0084】ステップ4ないしステップ14の処理を繰り返していくことで、許容の減衰率（例えば6 dB）に入ることを実現するアンテナと試験ゾーンとの間の距離を探索していくときに、ステップ5で全周波数の選択終了を判断することで、その距離の決定を終了すると、ステップ15に進んで、作業領域に保持してある電界強度の最小値と、初期値として想定したアンテナの波源値と、ステップ3で入力した試験条件の電界強度（例えば3 V/m）とから、シミュレーションに用いるアンテナの波源値を決定する。

【0085】例えば、ステップ3で入力した試験条件の電界強度が3 V/mであるときにあって、アンテナの波

源値として1 V（本来は位相が入ることで複素数で表される）を想定してアンテナと試験ゾーンとの間の距離を決定するとき、作業領域に保持してある電界強度の最小値が例えば1.5 V/mであるときには、

$$1 \text{ V} \times (3 \div 1.5) = 2 \text{ V}$$

という比例演算に従って、シミュレーションに用いるアンテナの波源値として2 Vを決定するのである。

【0086】そして、最後に、ステップ16で、ステップ3で入力した試験条件の情報と、ステップ11の処理に従って最終的に決定したアンテナと試験ゾーンとの間の距離と、ステップ15で決定したアンテナの波源値とに従ってアンテナモデルを生成して、それをアンテナモデルライブラリ200に登録して処理を終了する。

【0087】このようにして、アンテナモデル生成プログラム100は、図7及び図8の処理フローに従って、図5に示すようなデータ構造を持つアンテナモデルを生成して、それをアンテナモデルライブラリ200に登録する処理を行うのである。

【0088】この処理フローでは、アンテナモデル生成プログラム100は、搬送波周波数を算出対象としてモーメント法の連立方程式を解いて、アンテナに流れるその周波数成分の電流が印加する電界強度を評価していくことで、アンテナと試験ゾーンとの間の距離を決定していくという方法を探ったが、上側波周波数や下側波周波数を算出対象としてモーメント法の連立方程式を解いて、アンテナに流れるその周波数成分の電流が印加する電界強度を評価していくことで、アンテナと試験ゾーンとの間の距離を決定していくという方法を探ってもよい。

【0089】次に、図9及び図10の処理フローに従って、シミュレーションプログラム300の実行する処理について説明する。ここで、この処理フローでは、説明の便宜上、振幅変調が用いられていることを想定している。従って、図6（a）に示すように、上側波及び下側波が1つずつであることを想定している。

【0090】シミュレーションプログラム300は、オペレータから、シミュレーション対象となる電子機器と、シミュレーションに用いるアンテナモデルの構造IDとを指定してシミュレーション要求が発行されると、図9及び図10の処理フローに示すように、先ず最初に、ステップ1で、電子機器構造データファイル2からシミュレーション対象となる電子機器の構造情報を入力する。

【0091】続いて、ステップ2で、アンテナモデルライブラリ200から指定された構造IDの指すアンテナモデルを入力し、続くステップ3で、アンテナ構造データファイル4から指定された構造IDの指すアンテナの構造情報を入力する。続いて、ステップ4で、モーメント法を適用すべく、その入力した電子機器とアンテナとを要素に分割する。

【0092】続いて、ステップ5で、アンテナモデルで指定される搬送波周波数範囲の中から、例えば30MHzずつ増加する形態で搬送波周波数を1つ選択する。続いて、ステップ6で、全周波数の選択を終了したのか否かを判断して、全周波数の選択を終了したことを判断するときには、ステップ7に進んで、シミュレーション結果を出力装置3に出力して、処理を終了する。

【0093】一方、ステップ6で全周波数の選択を終了していないことを判断するとき、すなわち、ステップ5で搬送波周波数を選択できたことを判断するときには、ステップ8に進んで、上述した算出手法に従って、その選択した搬送波周波数におけるステップ4で分割した要素間の相互インピーダンスを算出する。

【0094】続いて、ステップ9で、シミュレーション対象となる電子機器の持つ波源を考慮しなくてもよいのか否かを判断して、考慮しなくてもよいことを判断するとき、すなわち、電子機器の持つ波源の周波数が選択した搬送波周波数と高調波も含めて重ならないときや、重なるもののその波源値が小さいことで無視できることを判断するときには、ステップ10に進んで、搬送波周波数を算出対象として、ステップ8で算出した相互インピーダンスを持つモーメント法の連立方程式（アンテナの波源のみが存在する）を解くことで、ステップ4で分割した電子機器の各要素に流れる搬送波周波数成分の電流を算出する。

【0095】続いて、ステップ11（図10の処理フロー）に進んで、ステップ10で算出した搬送波周波数成分の電流と、搬送波周波数におけるアンテナの波源値と、上側波周波数におけるアンテナの波源値とから、比例演算に従って、ステップ4で分割した電子機器の各要素に流れる上側波周波数成分の電流を算出するとともに、ステップ10で算出した搬送波周波数成分の電流と、搬送波周波数におけるアンテナの波源値と、下側波周波数におけるアンテナの波源値とから、比例演算に従って、ステップ4で分割した電子機器の各要素に流れる下側波周波数成分の電流を算出する。

【0096】すなわち、ステップ10で算出した電子機器の要素に流れる搬送波周波数成分の電流を $I_c$ 、電子機器の要素に流れる上側周波数成分の電流を $I_H$ 、電子機器の要素に流れる下側側周波数成分の電流を $I_L$ 、搬送波周波数におけるアンテナの波源値 $V_c$ を「 $V_c = a_c + j b_c$ 」、上側波周波数におけるアンテナの波源値 $V_H$ を「 $V_H = a_H + j b_H$ 」、下側波周波数におけるアンテナの波源値 $V_L$ を「 $V_L = a_L + j b_L$ 」で表すならば、

$I_H = I_c \times [(a_H + j b_H) / (a_c + j b_c)]$   
という比例演算に従って、電子機器の各要素に流れる上側波周波数成分の電流を算出するとともに、

$I_L = I_c \times [(a_L + j b_L) / (a_c + j b_c)]$   
という比例演算に従って、電子機器の各要素に流れる下

側波周波数成分の電流を算出するのである。

【0097】続いて、ステップ15で、ステップ10／ステップ11で求めた電流を使って、オペレータにより指定される導体要素間位置に発生する電圧を算出する。この算出処理は、導体要素間位置 $p$ が指定されるときに、要素 $n$ に流れる電流を $I_n(\omega)$ とし、導体要素間位置 $p$ と要素 $n$ との間の相互インピーダンスを $Z_{pn}(\omega)$ とするならば、導体要素間電圧 $V_F(\omega)$ を、 $V_F(\omega) = -\sum I_n(\omega) Z_{pn}(\omega)$

10 但し、 $\sum$ は $n=1 \sim M$

に従って算出することで実行される。

【0098】この算出式について説明するならば、図14に示すように、導体要素 $p1$ と導体要素 $p2$ との導体間に抵抗 $R$ を挿入すると、導体上の電界がゼロになるという境界条件から、図15(a)に図示する数式が成立し、これから、導体間電流 $I_p$ が図15(b)に図示する数式のように求まって、これから、導体間電圧 $V_F$ が図15(c)に図示する数式のように求まる。実際には、導体間には電流が流れないので、この図15(c)に図示する数式で、「 $R \rightarrow \infty$ 、 $I_{p1}, I_{p2} \rightarrow 0$ 」とする。これにより、この算出式が求まる。

【0099】すなわち、この算出式は、導体間に仮想的に挿入される抵抗により発生する電圧を抵抗無限大とすることで導出されるものである。ステップ15で、指定される導体要素間位置に発生する電圧を算出すると、続いて、ステップ16で、オペレータにより指定される要素に流れる電流が規定の閾値を超えるのか否かを判断するとともに、ステップ15で算出した導体要素間位置に発生する電圧が規定の閾値を超えるのか否かを判断して、その判断結果を記録してから、次の搬送波周波数の処理を行うべくステップ5に戻る。

【0100】ここで、この閾値は、例えばオペレータと対話することで設定するものであり、この閾値を超えるときには、その指定される要素に位置する電子回路部品がノイズにより誤動作する可能性があるものとして設定されることになる。

【0101】一方、ステップ9で、シミュレーション対象となる電子機器の持つ波源を考慮しなければならないことを判断するときには、ステップ13に進んで、マトリックスのLDU分解規則に従って、ステップ8で算出した相互インピーダンス $Z(z_i)$ をLDU分解する。すなわち、図16に示すように相互インピーダンス $Z(z_i)$ をLDU分解するのである。ここで、マトリックス $D(d_{ij})$ と、マトリックス $L(l_{ij})$ について、 $d_{ii} = z_{ii} - \sum d_{ki} l_{ik}^2$

但し、 $\sum$ は $k=1 \sim (i-1)$ についての総和、 $i=1 \sim n$   
 $l_{ij} = [z_{ij} - \sum d_{ki} l_{ik} l_{kj}] / d_{jj}$

但し、 $\sum$ は $k=1 \sim (j-1)$ についての総和、 $i=1 \sim n$ 、 $j < i$

$l_{ii} = 1$  但し、 $i=1 \sim n$

が成立する。

【0102】続いて、ステップ14で、搬送波周波数を算出対象として、ステップ13でLDU分解した相互インピーダンスを持つモーメント法の連立方程式（電子機器の波源とアンテナの波源とが存在する）を解くことで、ステップ4で分割した電子機器の各要素に流れる搬送波周波数成分の電流を算出し、上側波周波数を算出対象として、ステップ13でLDU分解した相互インピーダンスを持つモーメント法の連立方程式（電子機器の波源とアンテナの波源とが存在する）を解くことで、ステップ4で分割した電子機器の各要素に流れる上側波周波数成分の電流を算出し、下側波周波数を算出対象として、ステップ13でLDU分解した相互インピーダンスを持つモーメント法の連立方程式を解くことで、ステップ4で分割した電子機器の各要素に流れる下側波周波数成分の電流を算出する。

【0103】このモーメント法の連立方程式を解くあたって、相互インピーダンス $Z$ が、図16に示すように、 $Z = LDU = L D^* L$

とLDU分解されており、これから、モーメント法の連立方程式は、このLDU分解された相互インピーダンス $Z$ を用いると、

$$[L D^* L][I] = [V]$$

と定義される。これから、モーメント法の連立方程式は、

$$[D^* L][I] = [X] \quad [L][X] = [V]$$

を解くことと等価となるが、この式は、マトリックスが三角分解されていることから高速に解くことが可能である。

【0104】これから、ステップ14では、搬送波周波数と上側波周波数と下側波周波数とに共通となるLDU分解された相互インピーダンスを使って、高速に3つのモーメント法の連立方程式（パルス変調のときには更に多くの数となる）を解くことで、電子機器の各要素に流れる搬送波周波数成分の電流と上側波周波数成分の電流と下側波周波数成分の電流とを高速に算出するのである。

【0105】続いて、ステップ15で、上述した方法に従って、ステップ14で求めた電流を使って、オペレータにより指定される導体要素間位置に発生する電圧を算出し、続くステップ16で、オペレータにより指定される要素に流れる電流が規定の閾値を超えるのか否かを判断するとともに、ステップ15で算出した導体要素間位置に発生する電圧が規定の閾値を超えるのか否かを判断して、その判断結果を記録してから、次の搬送波周波数の処理を行うべくステップ5に戻る。

【0106】そして、ステップ5ないしステップ16の処理（ステップ7の処理を除く）を繰り返していくことで、ステップ6で全周波数の選択終了を判断すると、上述したように、ステップ7に進んで、ステップ10/ス

テップ11/ステップ14/ステップ16で得たシミュレーション結果を規定の出力形態に従って出力装置3に出力して、処理を終了する。

【0107】このようにして、シミュレーションプログラム300は、図9及び図10の処理フローに従って、アンテナにより規定の電界強度が印加される電子機器に流れる電流をシミュレートするとともに、電子機器に発生する電圧をシミュレートする処理を行うのである。

【0108】このとき、シミュレーションプログラム300は、アンテナモデルライブラリ200に登録されているアンテナモデルを使って、試験条件を設定することになるが、このアンテナモデルは、上述したように、規格の電界強度を電子機器に印加する試験条件をライブラリ化したものであることから、シミュレーションプログラム300は、このアンテナモデルを使うことで、試行錯誤的な処理を行うことなく直ちに規格の電界強度を電子機器に印加できるようになって、規格の電界強度が印加されときの電子機器の影響を直ちにシミュレーションできるようになる。

【0109】この処理フローのステップ13では、シミュレーションプログラム300は、相互インピーダンスをLDU分解する構成を採ったが、相互インピーダンスをLU分解する構成を採ってもよい。

【0110】すなわち、図17に示すように、マトリックスのLU分解規則に従って、相互インピーダンスをLU分解してもよい。ここで、マトリックス $D(d_{ij})$ と、マトリックス $L(l_{ij})$ と、マトリックス $U(u_{ij})$ とについて、

$$u_{ij} = z_{ij} - \sum_{k=1}^{i-1} l_{ik} u_{kj}^2$$

但し、 $\Sigma$ は $k=1 \sim (i-1)$ についての総和

$$j=1 \sim n, i=1 \sim j, i \leq j$$

$$l_{ij} = (z_{ij} - \sum_{k=1}^{j-1} l_{ik} l_{kj}) / u_{jj}$$

但し、 $\Sigma$ は $k=1 \sim (j-1)$ についての総和

$$i=1 \sim n, j=1 \sim (i-1), j < i$$

$$l_{ii} = 1 \quad \text{但し、} i=1 \sim n$$

が成立する。

【0111】モーメント法の連立方程式は、このLU分解された相互インピーダンス $Z$ を用いると、

$$[LU][I] = [V]$$

と定義される。これから、モーメント法の連立方程式は、

$$[U][I] = [X] \quad [L][X] = [V]$$

を解くことと等価となるが、この式は、マトリックスが三角分解されていることから高速に解くことが可能であり、従って、相互インピーダンスをLU分解する構成を採ってもよいのである。

【0112】以下、本発明について更に詳細に説明する。アンテナの放射する電波が振幅変調されている場合、その電波を周波数領域に展開すると、図6(a)に示したように、周波数 $f_c$ を持つ搬送波と、周波数 $(f$



$c + f_m$ ) を持つ上側波と、周波数  $(f_c - f_m)$  を持つ下側波とに分解される。

【0113】これから、周波数  $(f_c - f_m)$  の波源により要素に流れる電流を  $[I_1]$ 、周波数  $f_c$  の波源により要素に流れる電流を  $[I_2]$ 、周波数  $(f_c + f_m)$  の波源により要素に流れる電流を  $[I_3]$ 、周波数  $(f_c - f_m)$  の波源値を  $[V_1]$ 、周波数  $f_c$  の波源値を  $[V_2]$ 、周波数  $(f_c + f_m)$  の波源値を

$[V_3]$ 、周波数  $(f_c - f_m)$  における相互インピーダンスを  $[Z(f_c - f_m)]$ 、周波数  $f_c$  における相互インピーダンスを  $[Z(f_c)]$ 、周波数  $(f_c + f_m)$  における相互インピーダンスを  $[Z(f_c + f_m)]$  とするならば、アンテナの放射する電波により電子機器に流れる電流は、

$$[Z(f_c - f_m)][I_1] = [V_1]$$

$$[Z(f_c)][I_2] = [V_2]$$

$$[Z(f_c + f_m)][I_3] = [V_3]$$

というモーメント法の連立方程式を解くことで求まることになる。

【0114】このモーメント法の連立方程式を高速に解くことを実現するために、本発明では、

$$(f_c - f_m) \approx f_c \approx (f_c + f_m)$$

ということを考慮して、

$$[Z(f_c - f_m)] = [Z(f_c)] = [Z(f_c + f_m)]$$

と近似する考え方を採用する。

【0115】そして、この考え方に立つて、先ず最初に、例えば  $[Z(f_c)]$  を算出する。もちろん、 $[Z(f_c - f_m)]$  を算出してもよいし、 $[Z(f_c + f_m)]$  を算出してもよいし、それ以外の搬送波周波数  $f_c$  に近い周波数における相互インピーダンスを算出してもよいが、搬送波周波数  $f_c$  が中心に位置することから、 $[Z(f_c)]$  を算出することが好ましい。

【0116】例えば  $[Z(f_c)]$  を算出すると、アンテナの放射する電波により電子機器に流れる電流は、

$$[Z(f_c)][I_1] = [V_1]$$

$$[Z(f_c)][I_2] = [V_2]$$

$$[Z(f_c)][I_3] = [V_3]$$

という3つのモーメント法の連立方程式を解くことで求まることになる。

【0117】このモーメント法の連立方程式を解くにあたって、電子機器の持つ波源を無視できる場合には、波源としてはアンテナの持つ1つの波源しかなくなり、これにより、

$$V_1 : V_2 : V_3 = I_1 : I_2 : I_3$$

という関係が成立するので、3つのモーメント法の連立方程式を解くまでもなく、その内の1つだけを解くことで電流を求めて、残りの周波数成分の電流については、比例演算に従って求める方法を探る。

【0118】この場合、アンテナの放射する電波がパルス変調されている場合には、上側波と下側波が複数とな

るが、この場合にも、それに応じて多数定義されるモーメント法の連立方程式の内の1つだけを解き、残りの周波数成分の電流については、比例演算に従って求める方法を探ることになる。

【0119】一方、このモーメント法の連立方程式を解くにあたって、電子機器の持つ波源を無視できないことで、電流と波源との間に上述のような比例関係が成立しない場合には、3つのモーメント法の連立方程式（パルス変調されているときには、更に多数の連立方程式）を解かなければならない。

【0120】この場合でも、相互インピーダンスを共通なものとしているので、相互インピーダンスは1回だけ算出すればよく、これにより、モーメント法の連立方程式を高速に解くことができる。

【0121】更に、このとき、相互インピーダンスが共通となっていることを考慮して、相互インピーダンスをLDU分解したりLU分解する構成を探る。LDU分解やLU分解に要する処理時間が増えるが、LDU分解やLU分解された相互インピーダンスを使うと、モーメント法の連立方程式を高速に解くことができ、これから、解くべきモーメント法の連立方程式が2つ以上となるときには、トータルとして処理時間を大幅に短縮できることになる。アンテナの放射する電波がパルス変調されている場合には、この方法は極めて有効である。

【0122】図9及び図10の処理フローでは説明しなかったが、複数あるモーメント法の連立方程式の中で、一部の連立方程式については電子機器の持つ波源を無視できる場合がある。すなわち、振幅変調されている場合には、モーメント法の連立方程式は3つとなり、パルス変調されている場合には、モーメント法の連立方程式は多数となるが、これらの中で、一部の連立方程式については電子機器の持つ波源を無視できる場合がある。

【0123】このような場合、電子機器の持つ波源を無視できないものについてはモーメント法の連立方程式を解かなければならないが、電子機器の持つ波源を無視できるものについては、その中の1つについてモーメント法の連立方程式を解くとともに、残りのものについては、比例演算に従って電流を求める方法を探ることになる。この場合でも、相互インピーダンスは1回だけ算出する。

【0124】例えば、「 $f_c = 800 \text{ MHz}$ 、 $f_m = 1 \text{ kHz}$ 」で、電子機器の持つ波源の基本周波数が  $200 \text{ MHz}$  である場合には、「 $f_c = 800 \text{ MHz}$ 」については電子機器の波源を無視できないことになるが、「 $f_c - f_m = 799.999 \text{ MHz}$ 」と「 $f_c + f_m = 800.001 \text{ MHz}$ 」とについては電子機器の波源を無視できることになる。

【0125】この場合、「 $f_c = 800 \text{ MHz}$ 」についてのモーメント法の連立方程式を解き、そして、「 $f_c - f_m = 799.999 \text{ MHz}$ 」と「 $f_c + f_m = 800.001 \text{ MHz}$ 」



z」とについては、例えば、「 $f_c - f_m = 799.999 \text{ MHz}$ 」についてのモーメント法の連立方程式を解くことでその周波数成分の電流を算出するとともに、「 $f_c + f_m = 800.001 \text{ MHz}$ 」の電流成分については、算出された  $799.999 \text{ MHz}$  の電流と、 $799.999 \text{ MHz}$  におけるアンテナの波源と、 $800.001 \text{ MHz}$  におけるアンテナの波源値とから、比例演算に従って求めるのである。

【0126】この場合、振幅変調されているときには、モーメント法の連立方程式を2つ解かなければならず、パルス変調されているときには、モーメント法の連立方程式を少なくとも2つ解かなければならない。これから、上述したように相互インピーダンスをLDU分解したりLU分解して、その分解した相互インピーダンスを用いてモーメント法の連立方程式を解くようにすることが好ましい。

【0127】この実施例では、相互インピーダンスのみを考慮する図13に図示したモーメント法の連立方程式を解くことを想定したが、本発明は、誘電体の存在を考慮する図18に図示するモーメント法の連立方程式を解く場合にも、そのまま適用できる。

【0128】この図18に図示するモーメント法の連立方程式を解くには、相互インピーダンス  $Z_{ij}$  に加えて、要素間の相互アドミッタンス  $Y_{ij}$  及び相互リアクション  $B_{ij}$  を算出する必要がある。図18に図示するモーメント法の連立方程式を解くと、誘電体の表面に流れる電流と、誘電体の表面に流れる磁流とが算出されることになる。

【0129】なお、図18に図示する数式中、 $I_{c,i}$  は金属に流れる電流、 $I_{d,i}$  は誘電体の表面に流れる電流、 $M_{d,i}$  は誘電体の表面に流れる磁流、肩付き文字  $0$  は空気中での値、肩付き文字  $d$  は誘電体中での値、添字  $c$  は金属、添字  $d$  は誘電体を表している。

【0130】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の放射電磁界耐性算出装置では、アンテナの放射する電波を搬送波と上側波と下側波とに分解しつつ、モーメント法を使ってアンテナの放射電波の影響をシミュレートする構成を採るときにあって、相互インピーダンスを1周波数成分についてだけ算出し、その相互インピーダンスを用いて、搬送波周波数についてのモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる搬送波周波数成分の電流を算出し、上側波周波数についてのモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる上側波周波数成分の電流を算出し、下側波周波数についてのモーメント法の連立方程式を解くことで、アンテナの放射電波により電子機器に流れる下側波周波数成分の電流を算出する構成を採るので、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を高速にシミュレートできるようになる。

【0131】また、本発明の放射電磁界耐性算出装置で

は、アンテナの放射する電波を搬送波と上側波と下側波とに分解しつつ、モーメント法を使ってアンテナの放射電波の影響をシミュレートする構成を採るときにあって、相互インピーダンスを1周波数成分についてだけ算出し、その相互インピーダンスを用いて、電子機器の持つ波源を無視しつつ、その中の1つの周波数を算出対象としてモーメント法の連立方程式を解くことで電子機器に流れるその周波数成分の電流を算出し、残りの周波数成分の電流については、比例演算により算出する構成を採るので、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を高速にシミュレートできるようになる。また、本発明の放射電磁界耐性算出装置では、アンテナの放射する電波を搬送波と上側波と下側波とに分解しつつ、モーメント法を使ってアンテナの放射電波の影響をシミュレートする構成を採るときにあって、相互インピーダンスを1周波数成分についてだけ算出し、その相互インピーダンスを用いて、電子機器の持つ波源の周波数と重なる周波数については、その周波数についてのモーメント法の連立方程式を解くことで電子機器に流れるその周波数成分の電流を算出し、重ならない周波数成分の電流については、その中の1つについてだけモーメント法の連立方程式を解くことで電子機器に流れるその周波数成分の電流を算出するとともに、残りの周波数成分の電流については、比例演算により算出する構成を採るので、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を高速にシミュレートできるようになる。

【0132】また、本発明の放射電磁界耐性算出装置では、モーメント法を使ってアンテナの放射電波の影響をシミュレートする構成を採るときにあって、前もって、電子機器に対する規定の電界強度の印加を実現するアンテナ情報を用意する構成を採って、シミュレーション要求があるときに、そのアンテナ情報を使って、モーメント法の連立方程式を解くことで電子機器に流れる電流を算出する構成を採ることから、アンテナの放射電波により規定の電界強度が印加されるときに電子機器に流れる電流を高速にシミュレートできるようになる。

【0133】このようにして、本発明の放射電磁界耐性算出装置によれば、アンテナの放射電波により電子機器に流れる電流を高速にシミュレートできるようになるのである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理構成図である。

【図2】本発明の原理構成図である。

【図3】本発明の一実施例である。

【図4】試験規格の説明図である。

【図5】アンテナモデルの説明図である。

【図6】アンテナの放射する電波の説明図である。

【図7】アンテナモデル生成プログラムの処理フローである。

【図8】アンテナモデル生成プログラムの処理フローで

ある。

【図9】シミュレーションプログラムの処理フローである。

【図10】シミュレーションプログラムの処理フローである。

【図11】相互インピーダンスの算出方法の説明図である。

【図12】相互インピーダンスの算出方法の説明図である。

【図13】モーメント法の連立方程式の説明図である。 10

【図14】導体間電圧の説明図である。

【図15】導体間電圧の説明図である。

【図16】LDU分解の説明図である。

【図17】LU分解の説明図である。

【図18】モーメント法の連立方程式の説明図である。

【符号の説明】

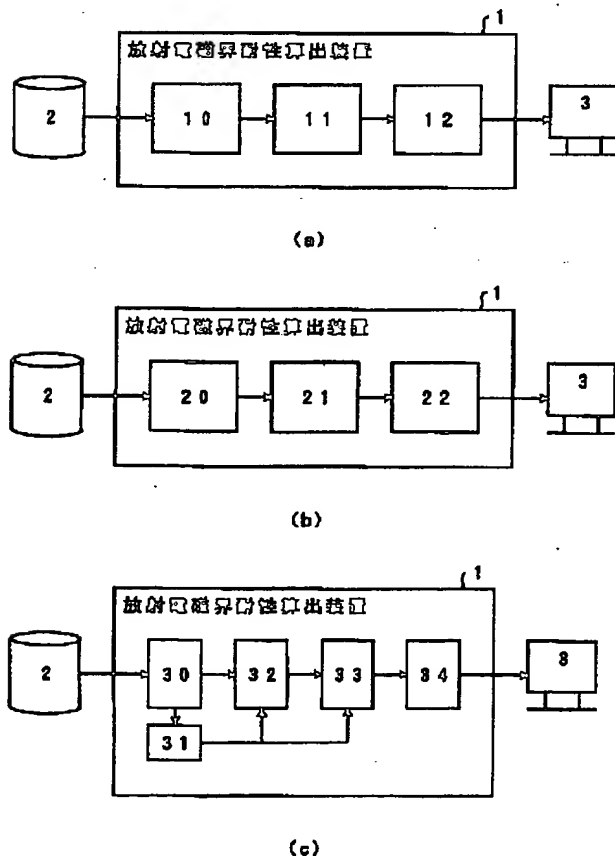
- 1 放射電磁界耐性算出装置
- 2 電子機器構造データファイル
- 3 出力装置
- 4 アンテナ構造データファイル

20

- 10 第1の算出手段
- 11 分解手段
- 12 第2の算出手段
- 20 第1の算出手段
- 21 第2の算出手段
- 22 第3の算出手段
- 30 第1の算出手段
- 31 分解手段
- 32 第2の算出手段
- 33 第3の算出手段
- 34 第4の算出手段
- 40 管理手段
- 41 第1の計算手段
- 42 第2の計算手段
- 43 実行手段
- 44 取得手段
- 45 算出手段
- 46 設定手段
- 47 アラーム手段

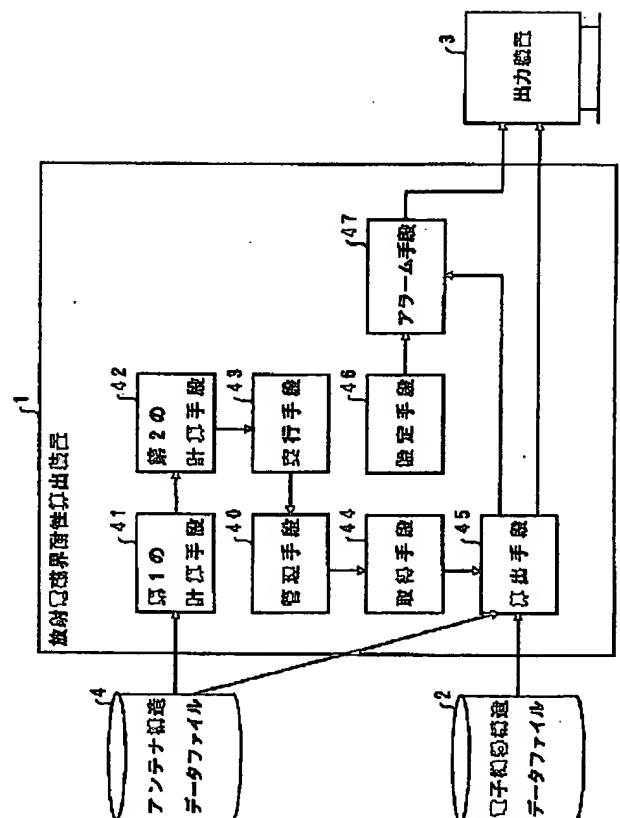
【図1】

本発明の原型構成図



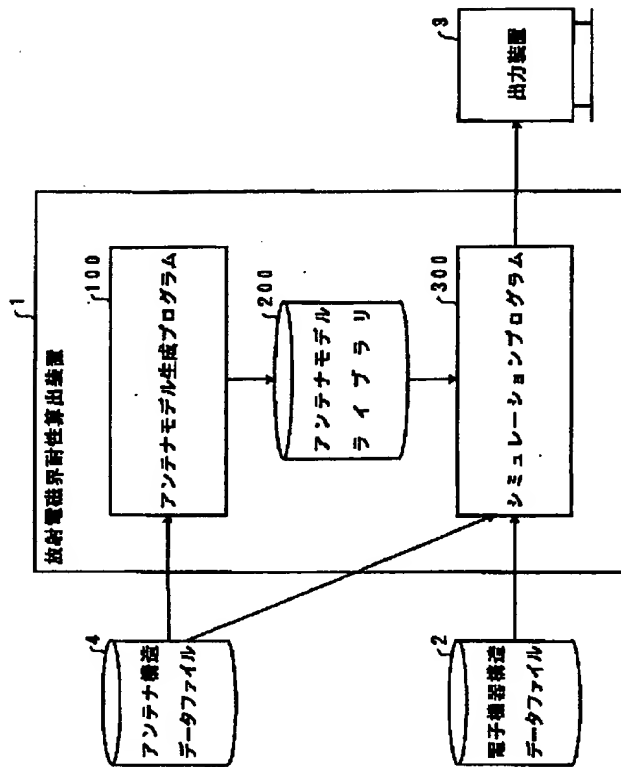
【図2】

本発明の原型構成図



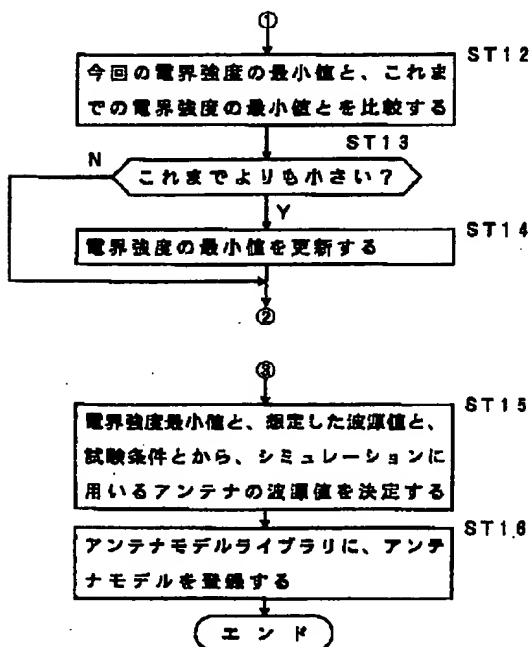
【図3】

本発明の一実施例



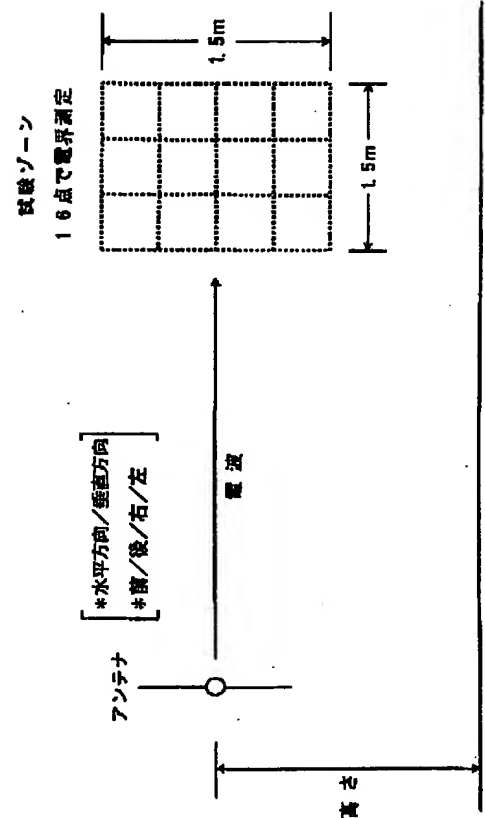
【図8】

アンテナモデル生成プログラムの処理フロー



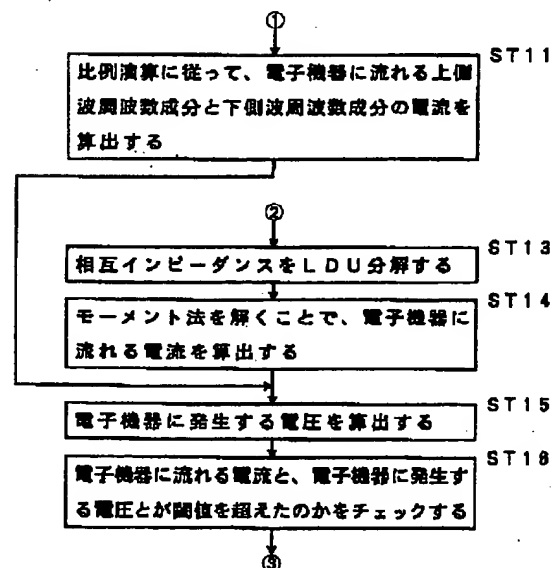
【図4】

試験規格の説明図



【図10】

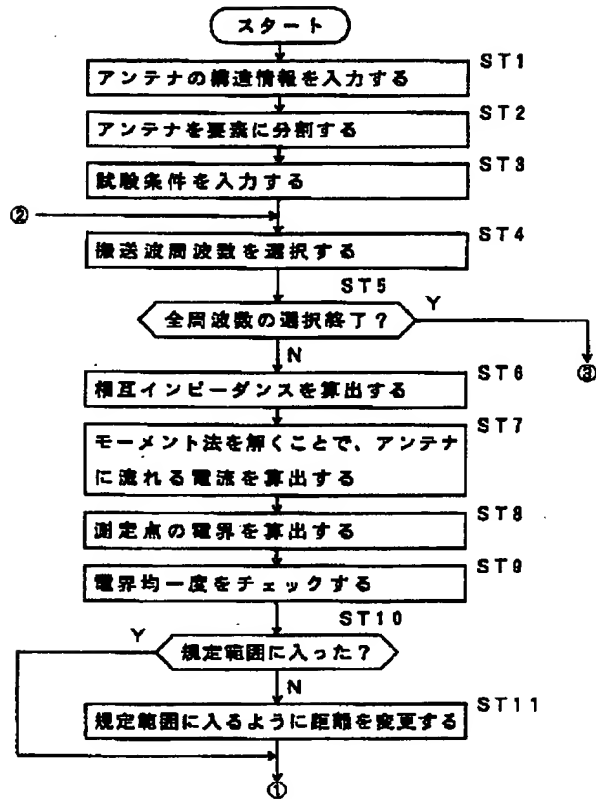
シミュレーションプログラムの処理フロー





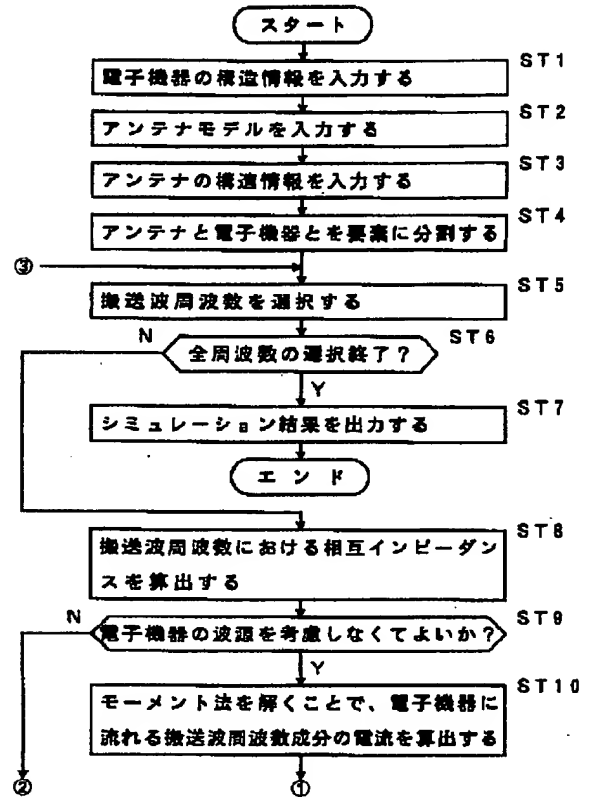
【図7】

アンテナモデル生成プログラムの処理フロー



【図9】

シミュレーションプログラムの処理フロー



[図 12]

相互インピーダンスの 出方法の説明図

$$Z = j\omega \int \left[ \frac{\mu}{4\pi} J_1 J_2 \cos\phi \frac{e^{-jkr}}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon} \rho_1 \rho_2 \frac{e^{-jkr}}{r} \right] ds$$

(a)

$$Z_{13} = \frac{j\omega\mu}{4\pi \sin kd_1 \sin kd_2} \int \int [ \sin k(z-z_0) \sin k(t-t_0) \cos\phi_1$$

$$- \cos k(z-z_0) \cos k(t-t_0) ] \frac{e^{-jkr}}{r} dz dt$$

$$Z_{14} = \frac{j\omega\mu}{4\pi \sin kd_1 \sin kd_2} \int \int [ \sin k(z-z_0) \sin k(-t+t_2) \cos\phi_2$$

$$+ \cos k(z-z_0) \cos k(-t+t_2) ] \frac{e^{-jkr}}{r} dz dt$$

(b)

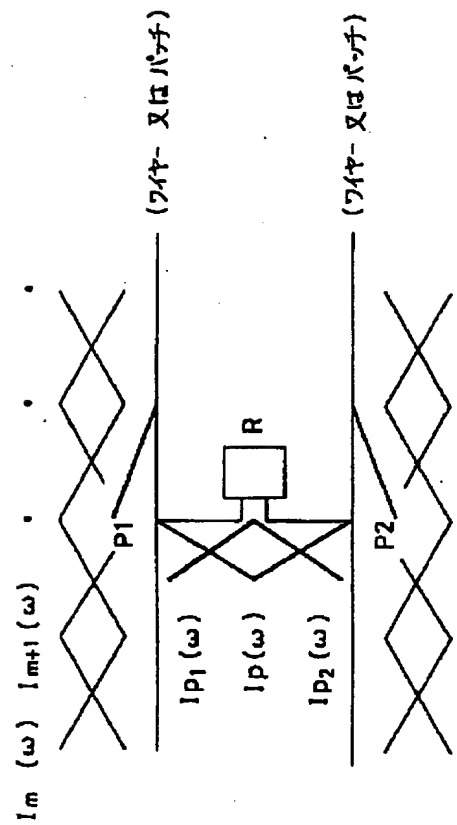
[図 13]

モーメント法の連立方程式の説明図

電流	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$\dots$	$I_N$	$\dots$	$I_M$
電圧	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$\dots$	$V_N$	$\dots$	$V_M$
相互インピーダンス	$Z_{11}$	$Z_{12}$	$Z_{13}$	$\dots$	$Z_{1N}$	$\dots$	$Z_{1M}$
	$Z_{21}$	$Z_{22}$	$Z_{23}$	$\dots$	$Z_{2N}$	$\dots$	$Z_{2M}$
	$Z_{31}$	$Z_{32}$	$Z_{33}$	$\dots$	$Z_{3N}$	$\dots$	$Z_{3M}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
	$Z_{N1}$	$Z_{N2}$	$Z_{N3}$	$\dots$	$Z_{NN}$	$\dots$	$Z_{NM}$
	$Z_{M1}$	$Z_{M2}$	$Z_{M3}$	$\dots$	$Z_{MN}$	$\dots$	$Z_{MM}$

【図 1 4】

導体間電圧の説明図



【図 1 5】

導体間電圧の説明図

$$\begin{aligned} I_p (Z_{pp} + R) + I_{p1} Z_{pp1} + I_{p2} Z_{pp2} + \sum_{n=1}^M I_n Z_{pn} &= 0 \\ I_p &= \frac{-1}{Z_{pp} + R} [ I_{p1} Z_{pp1} + I_{p2} Z_{pp2} + \sum_{n=1}^M I_n Z_{pn} ] \\ V_p = I_p R &= \frac{-R}{Z_{pp} + R} [ I_{p1} Z_{pp1} + I_{p2} Z_{pp2} + \sum_{n=1}^M I_n Z_{pn} ] \end{aligned} \quad \begin{matrix} (a) \\ (b) \\ (c) \end{matrix}$$



【図16】

L D U 分解の説明図

$$Z = LDU = L D' L =$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ \ell_{21} & & & \\ \vdots & & & \\ \ell_{n1} & \dots & \ell_{nn-1} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_{11} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & & & \\ \vdots & & & \\ 0 & \dots & 0 & d_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & \ell_{21} & \dots & \ell_{n1} \\ 0 & & & \\ \vdots & & & \\ 0 & \dots & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【図17】

L U 分解の説明図

$$Z = LU =$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ \ell_{21} & & & \\ \vdots & & & \\ \ell_{n1} & \dots & \ell_{nn-1} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \dots & u_{1n} \\ 0 & & & \\ \vdots & & & \\ 0 & \dots & 0 & u_{nn} \end{bmatrix}$$

[図 18]

モーメント法の連立方程式の説明図

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_{c,n} & I_{d,n} & M_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z'_{c,c} & Z'_{c,d} & B'_{c,d} \\ Z'_{d,c} & Z'_{d,d} + Z'_{c,d} & B'_{d,d} + B'_{c,d} \\ B'_{d,c} & B'_{d,d} + B'_{c,d} & -Y'_{d,d} - Y'_{c,d} \end{bmatrix}$$

フロントページの続き

(72)発明者 向井 誠  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内

(72)発明者 岸本 武士  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 西野 関司  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内